

석사학위논문

섬유를 이용한 양액 공급과  
토마토의 생육과 수량



제주대학교 대학원

원예학과

김 우 일

1999년 12월

# 섬유를 이용한 양액 공급과 토마토의 생육과 수량

Nutrient Solution Supply by Fibers,  
the Growth and Yield Characters of Tomato

지도교수 장 전 익  
김 우 일

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함  
1999년 월



김우일의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장: \_\_\_\_\_ (인)

위 원: \_\_\_\_\_ (인)

위 원: \_\_\_\_\_ (인)

제주대학교 대학원  
1999년 12 월

Nutrient Solution Supply by Fibers,  
the Growth and Yield Characters of Tomato

KIM, WOO-IL

(Supervised by Professor Chang,Jeun-Ik )

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF AGRICULTURE

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

GRADUATE SCHOOL, CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 12.

## Summary

This study was conducted to establish powerless nutrient supply system mediated with artificial fibers, and to investigate of the several characters about the growth and yield of tomato in order to test utility of the new system.

The results obtained are as follows:

1. The volume of outflow was directly related with mediating fiber proportionally. In the case of using the yarn(cotton) fibers, outflow volume was the least among various fiber tested.
2. The more volume of nutrient was outflowed, the more volume of inflow was increased at the initial stage but there was out of all relation to the size of fiber.
3. As far as dropping distance from the main nutrient supply tube to planting bed, the volume of inflow was increased. But the dropping distance was not affected on the volume of outflow in the synthetic fiber B. A. C and yarn(cotton) fiber.
4. There was no change of electric conductivity and pH during the period of supply nutrient solution on the cultivation of tomato.
5. A point of view on the cultivation of tomato, the length of plant and number of leaves was increased as the volume of supplying nutrient was increased, while the number of flowers per truss were increased in the small size of filled fiber in nozzle.
6. The initial truss emergence was lower at the test of more supplied nutrient and the average node emergence of first truss was 7.1 node.

7. The higher the fruit set truss the smaller the fruit index, so it was appeared a spherical shape at almost experimental plot.

8. On the weight of fruit, the treatment of 2cm fiber size was heavy than that of 1cm fiber size and it was heavy synthetic fiber B, A, Absorbent cotton order in 2cm on the other hand it was heavy synthetic fiber B, A, C order in 1cm.

9. On the sugar concentration, as the truss was gone up, it's sugar concentration was increased. The treatment of 2cm fiber size was 6.6° Bx(Brix scale) and that of 1cm fiber size 7.5° Bx which was 0.9 degree as high as 2cm.

It was assumed from the result obtained for the present studies that powerless nutrient supplying system mediated with artificial fibers here the same function compare with hydroponics as now we can use mist culture, NFT and DFT system for the plant growth and total yield.



# 목 차

Summary	-----	i
I. 緒言	-----	1
II. 研究史	-----	2
III. 材料 및 方法	-----	6
1. 인공섬유를 이용한 급액시스템설치	-----	6
2. 토마토 재배시험	-----	7
IV. 結果 및 考察	-----	11
1. 급액시스템	-----	11
1) 인공섬유별 양액유입량	-----	11
2) 송이규격에 따른 양액 유입량	-----	12
3) 양액의 주급액관 높이와 베드높이 따른 양액의 유입량 차이	-----	17
2. 토마토 시험재배 결과	-----	20
V. 摘要	-----	26
VI. Appendix	-----	28
VII. 引用文獻	-----	30



# I. 緒 言

養液栽培은 시설원예에서 가장 문제가 되고 있는 連作問題 解決 및 악성 노동의 회피 그리고 고품질의 농산물을 생산할 수 있는 방법으로 1980년경부터 영리를 목적으로 경영적 재배가 시작되었으며 꾸준한 면적증가로 98년 말에는 553.4ha로 급진적인 면적증가가 이루어졌으며 이제 양액재배는 시설원예 농가의 보편화된 기술로 정착되어가고 있는 실정이다.

우리나라에 보급된 주요 양액재배 시스템은 固形 培地耕이 98년말 현재 518.4ha로 94%를 점유하고 있으며 사용되는 培地는 펄라이트, 암면 등의 순으로 이용되고 있는 실정이다. 양액재배에서 가장 중요시하는 사항은 적정 배양액의 조성 및 관리 그리고 급액시스템에 의한 급액기술이라 할 수 있으며, 양액재배 작목과 재배면적이 증가함에 따라서 작물에 맞는 다양한 배양액 등이 개발되었고 급액기술도 발달하였다(박,1990).

그러나 현재 사용되는 양액재배에서는 시설설치에 일시적으로 많은 시설비가 소요되며 緩衝能이 적은 배지, 또는 배양액으로 재배하게 되므로 토양재배에 비하여 온도, 水分條件, 溶存酸素量, 用水의 水質, 액온 등 환경변화에 민감하게 영향을 받을수 있기 때문에 작물의 종류와 생육단계에 따라 환경관리를 인위적으로 조정해야 하는 재배기술과 시스템의 운영기술 습득은 하나의 기술로서 요구되고 있다. 또한 시스템 대부분이 전기를 사용하므로 경우에 따라서는 경영비의 압박요인이 되기도 할 뿐만 아니라 정전이나 시스템의 고장시에는 재배작물에 치명적으로 영향을 미칠 수 있기 때문에 에너지를 절약하며 합리적으로 급액할 수 있는 시스템의 개발은 중요하고 시급한 과제이다.

본 시험에서는 에너지를 절약할 수 있는 방법 중 纖維織造物이 갖고 있는 毛細管 현상을 이용하여 급액 시스템을 만들어 無動力으로 양액을 원활히 공급할수 있는지 여부를 밝히고 우선 토마토를 재배 검토하여 이 시스템이 양액재배에 효율적으로 적용될 수 있는지를 밝히고자 본 실험을 수행하였다.

## II. 研究史

양액재배는 작물의 생육에 필요한 必須元素를 흡수비율에 따라 알맞은 농도로 희석 급액하여 재배하는 방법으로 이를 재배화 한 기원은 1860년경으로 Sachs와 Knop에 의하여 양액재배를 위한 培養液이 완성된 이래 초기에 양액재배를 상업적으로 도입하기 위하여 1928년 미국의 Robbins와 Gericke, Laurie 등이 모래를 이용한 砂耕栽培를 시도하였다.(박, 1990)

역경의 실용화는 최초로 1929년 미국과 일본에서 동시에 시도되었으며 미국에서는 베드표면에 철망과 마대를 넓게 여러 겹 팽팽하게 펴고 질석이나 자갈로 작물의 뿌리를 지지하게하고 뿌리를 液中에 침투시키는 液面低下方式으로 Hoagland배양액을 표준으로 하여 각종 채소 및 화훼를 재배하였으며, 일본에서는 원통형 포트에 대나무로 지지하고 자갈로 작물을 지지하여 액면저하방식으로 작물을 재배하였으며 2종의 배양액을 조성하여 재배에 성공하였다. 그러나 역경은 철결핍이 일어나기 쉽고 3-7일마다 철을 추가로 공급하여야 할 뿐만 아니라 배양액 조성변화가 크기 때문에 이를 갱신하는 문제 등으로 인하여 보급이 미흡하였다

1938년 미국의 Burutou대학에서 자갈에 철 등이 일부분의 자갈표면에 침전, 흡착 되고 뿌리에서 나오는 산으로 인하여 직접적으로 용해되어 재이용하는 것을 확인하였다. 제2차 세계대전 중에 석유회사와 미공군 전진기지에 신선채소 자급을 위하여 대형 역경재배 베드시설인 다단식베드를 설치하고 간헐적으로 급액을 조절하기를 반복하는 순환방식을 이요하였고, 1961년 일본에서 堀山崎는 園試方式으로 알려진 폴리에치렌시트를 이용 베드를 평평히 배열하고 펌프작동의 조절기를 고안하여 양액을 순환시키는 역경을 개발하였다. 역경의 문제점은 소재의 차이, 鹽類의 集積, 재배후 잔근처리, 소독, 남은뿌리의 부패



등이 있다. 1963년 山崎는 低流에 의한 強制循環으로 용존산소를 曝氣하여 재배하는 水耕方式을 개발하였고 1965년 Allen Cooper는 영국의 Littlehamptom의 온실재배연구소에서 식물을 플라스틱필름으로 만든 베드내에서 생육시키고 培養液을 계속 흘려보내어 재배하는 NFT방식을 개발하였다. NFT방식은 재배중 작물의 뿌리에 산소를 공급하는 것이 문제가 되어 작물의 뿌리에 산소를 공급하기 위하여 다양한 형식의 시스템들이 개발되었다.

뿌리의 호흡을 위한 산소의 공급방법에서 토마토는 공기중의 산소를 뿌리가 직접 흡수하는 정도가 70%정도이고 삼엽채는 6%정도였으며 양액 중의 자연용존산소를 2%, 배양액중 강제로 주입시킨 용존산소를 26% 흡수한다고 보고하였다(山崎 1988).

이와같이 수경재배시 溶存酸素 供給의 문제를 우선적으로 고려하여 작물의 뿌리를 전부 또는 일부분 공기 중에 露出시켜 배양액을 분무 급액하여 재배하는 분무경이 개발되었으나 완충능이 없어 정전시에 작물이 큰 타격을 입을 수 있기 때문에 이를 보완한 噴霧水耕이 개발되었다.

암면재배는 1968년 덴마크의 Grodan사가 현무암과 안산암등을 1600℃에 용해시켜 섬유를 만들고 이를 과채류나 화훼류등에 배지로 이용하는 방법을 개발하였다. 암면배지는 타 배지에 비하여 물리성이 좋고 화학적으로 안정되어 있어 그 이용이 널리 보급된 실정이다.

최근에는 순수 수경재배 방식보다는 암면재배나 펄라이트(Perite),송이등 배지를 이용하여 재배하는 고행재배 방식을 선호하는 경향이며 이에 따라 재배면적도 급속히 늘어나는 추세이다

우리나라의 양액재배는 1954년 중앙농업기술원에서 시험시설을 만들면서 연구가 이루어지기 시작하였고 1970년 고려대학교에서 灌肥栽培農法에 대한 연구가 수행되었으며 1977년부터 원예시험장에서 양액재배에 대하여 체계적으로

연구하고 있으며, 이에 맞추어 재배농가도 급속한 증가를 보이고 있다(장, 1998).

양액재배는 토양재배에서 문제가 되는 염류집적장해, 土壤傳染性 病害蟲 등의 근원적인 해결책이 될 수 있을 뿐만 아니라 작물의 根圈環境을 인위적으로 최상의 상태로 조절할 수 있기 때문에 작물의 생산량의 증대는 물론 고품질생산의 효과도 기대할 수 있다.

양액재배에서 중요한 것은 用水로서 安(1986)등은 양액 재배시 용수에 Fe등이 많으면 Mn, P 등의 결핍을 가져오며 Mn의 과잉은 철의 결핍을 가져온다고 하였으며 또한 NaCl이 10me/l이상 되면 작물의 생육장해를 받는다고 하였다. 적합한 용수는 EC농도가 0.3mS/cm이하이고 pH는 5-8정도이며 Mg는 20ppm, Ca는 40ppm정도라고 하였다. 양액재배에 사용할 수 있는 배지는 孔隙率 15%이상, 保水力 60%이상, 比重 0.1% 이하가 되어야 하며 이러한 이화학적 특성을 가진 배지는 피트모스, 암면, 버미큘라이트 등이며 金(1998)등은 송이 배지에서 용적수분함량이 변화는 관주 전 16.3%에서 관주 후 최고 22%까지 변화를 보였는데 수분함량의 50%가 관주 후 5분만에 감소하였으며 나머지 50%인 약 6%의 容積水分含量은 1시간30분까지 완만한 감소를 보인다고 보고 하였다.

池(1993)는 작물에 맞는 양액의 농도는 작물에 따라 다르나 일반적으로 EC 1-3mS/cm범위이며 EC가 8mS/cm이상이면 대부분의 작물은 생육이 불량하며 또한 水溶液의 pH가 4.5이하에서는 Ca, Mg, K등이 不容化하기 쉽고 pH가 7.0이상에서는 Fe, Cu, Zn 등이 미량요소의 불용화가 촉진된다고 하였으며 배양액중의 용존산소량은 작물의 뿌리의 호흡작용에 커다란 영향을 미치고 생육 및 품질에 크게 관여하며 용존산소의 함유량은 액온에 따라 달라진다고 하며 무통기 한 것보다 배양액에 통기를 시킨 시험구에서 초장, 엽면적, 엽, 경, 근 등이 생장이 좋아진다고 보고하였다

朴등(1990)은 배양액에 通氣는 무처리 하였을때 초기농도 5.62mg/l에서 작물

을 정식 한 후 급격히 떨어지기 시작하여 최저 2.04mg/l까지 저하하였고, 통기를 시킨 구에서는 거의 일정한 수준의 용존산소함유량을 유지할수 있었다고 하였다.

토마토의 원산지는 안데스산맥의 고랭지대이며 페루, 에쿠아도르, 볼리비아 등에서 야생종 등이 발견되며(정.1996), 생태적으로 서리에는 매우 약하나 저온에 대한 저항력은 과채류 중 가장 강하다(안,1982).과실의 발육은 세포분열에 의한 세포수가 증대되고 세포가 肥大生長하여 細胞容積이 커지는 것이고 細胞分裂은 개화기까지 종료된다고 하였다(齊藤 隆.1986). 발아하여 떡잎전개 후 2-3주간 저온으로 관리하여야 着果部位를 낮추는데 효과가 있으나 이렇게 되면 묘의 발육이 늦어지고 개화일수도 늦어지며 필요이상의 꽃수를 붙게 하는 결과를 가져온다고 하였으며, 토마토 재배시 灌水는 육묘시 pF2.7-3.0 재배 시에는 pF1.6-2.0으로 관리해야 한다고 하였다(김.1982).

또한 정 등은(1999) 제1화방과 제2화방의 착과절위는 육묘시 주·야간 기온의 영향을 받으며 육묘시 일평균기온이 높아질수록 着果節位는 높아진다고 보고하였다. 토마토의 양액재배는 수분 및 영양환경이 충족되고 잎이 기공 개폐 작용이 잘 이루어지면 대기중의 이산화탄소 흡입량이 많아져 광합성작용이 효율적으로 일어나며 동화생성물이 많을 뿐 아니라 수분스트레스에 의한 과실의 성숙속도의 촉진으로 營養生長과 生殖生長의 균형을 잃으면 고품질의 과일과 수량은 기대할 수 없기 때문에 양액재배시에는 완충력 보완과 배양액 조성에 중점을 두어야 한다고 하였다(박,정.1992).

### Ⅲ. 材料 및 方法

#### 1. 人工섬유를 이용한 급액시스템의 설치

##### 가. 급액장치

- 1) 양액탱크 : 500 ℓ
- 2) 주급액관 : PVC직관(Φ60mm)
- 3) 팽창탱크(Ball tap)
- 4) 급액유도관(급액노즐) : PE흑관(Φ8mm)
- 5) 급액유도관내에 충전한 섬유제품
  - ① viscose+rayon
  - ② polyester
  - ③ rayon
  - ④ yarn(cotton)
- 6) 배지: 제주 화산석인 송이(scoria)크기별 3종류와 펄라이트
  - ① Scoria(Φ1~5mm)
  - ② Scoria(Φ6~12mm)
  - ③ Scoria(Φ1~12mm)
  - ④ perlite

##### 나. 급액설치방법

- 1) 주급액관 : 직경 60mm의 PVC직관에 급액관 직경의 ½위치에 30cm 간격으로 직경 10mm 정도의 구멍을 뚫었다.
- 2) 급액유도관(급액노즐) : 주급액관의 구멍에 PE흑관(Φ8mm)을 꼽아 넣었는데 길이는 대체로 40cm 정도로 하였다.
- 3) 충전한 섬유의 양 : 급액유도관에 충전 할 섬유제품 4가지를 종류별로 소·중·대 3단계로 구분하여 다음과 같이 절단하고 길이 40cm 정도로 만든 급액유도관(급액노즐)속에 집어 넣었는데 양쪽 끝에는 섬유가 10cm 정도씩 나와 있게 하여 한쪽 끝을 주급액관 속에 또 한쪽 끝은 배지속에 들어가게 하였다.

① 소: 폭 1cm×길이 60cm    ② 중: 폭 2cm × 길이 60cm,

③ 대 : 폭 3cm × 길이 60cm,

※ 여기서 폭이란 시판되고 있는 합성섬유를 구입해서 절단한 폭의 크기를 말함

4) 배지의 양: 급액유도관당 3가지 크기별로 선정된 3종류의 송이(scoria)와 perlite를 1ℓ씩 비커에 채워 조사하였다.

5) 급액방법 개요

① 양액탱크에 양액을 500ℓ 조성하여 넣었으며(園試液).

② 양액탱크에서 팽창탱크로 흘러가도록 파이프(∅30mm)로 연결하였는데, 이 중간에 밸브를 설치하였다.

③ 팽창탱크에서는 볼탭(ball tap)을 달아 양액이 넘치지 않도록 하고, 이 볼탭이 양액이 흘러 들어가는 양에 따라 그 기능을하도록 하였다.

#### 다. 조사항목



1) 인공섬유별 양액 유출량

2) 배지에 따른 양액 유입량

3) 양액의 높이(주급액관 위치)와 베드(고형배지) 높이에 따른 양액의 유입량(流入量)의 차이

4) 합성섬유를 통과한 양액의 EC와 pH의 측정

## 2. 토마토 재배 시험

### 1) 공시품종 및 육묘방법

완숙토마토 품종인 모모타로(桃太郎)를 1998년 3월 3일 제주시농업기술센터 직영 공정육묘장에서 72공 트레이에 파종하였고 육묘상토는 서울농자재 바로커상토(과채류용)를 사용하였다. 트레이에 파종한 후 발아실내에서 27℃로

유지 72시간이 경과된 후 자엽이 전개될 무렵 육묘하우스에 옮겨 관리하였다. 발아하여 30일째 10cm꽃트에 1본씩 이식하였으며 1화방의 꽃이 완전히 보일 때까지 관리하였다.

## 2) 재배 시스템

폭 5.5m×높이2.8m×길이14m의 농수산식 비닐하우스에 폭 60cm 길이 11m 높이 30cm의 스티로폴 베드를 4줄로 설치하고 베드옆 상면보다 10cm 높은 위치에 주급액관을 설치하였다. 급액장치 설치 및 급액방법은 양액탱크에 양액을 조성하여 채운 다음 볼탭(ball tap)이 설치되어 있는 팽창탱크로 직경 30mm의 호스를 연결하였으며 이 연결호스 중간에 밸브를 달았다. 팽창탱크에서 주급액관으로, 주급액관에는 직경의 1/2위치에 양액공급 노즐이 들어갈 만큼의 크기로 구멍을 뚫고 구멍간격은 토마토의 재식거리와 같게 하였다.

이 구멍에 섬유제품이 채워진 급액노즐을 꼽았는데, 채워넣은 섬유제품은 viscose+ rayon, polyester, polyester+cotton, absorbent cotton으로 양은 직조물을 그대로 폭 1cm와 2cm로 자르고, 포개진 absorbent cotton은 납작하게 편 상태에서 1cm와 2cm의 폭으로 절단하여 사용하였다. 섬유들의 길이는 급액노즐의 길이보다 20cm정도 더 길게 만들어 양끝이 10cm 정도 노출되게 하여, 한쪽 끝은 주급액관의 양액에 잠기게 하였고, 한쪽 끝은 토마토에 가까운 배지속에 들어가게 하였다.

3)사용배지: 무선별 송이와 펄라이트 2:1 비율(v/v)로 혼합사용

## 4) 정식

1998년 4월 22일 1화방 첫꽃이 개화될 때 설치한 베드에 포기간격 30cm, 1줄로 정식하였다(평당8주). 정식한 후 양액탱크에 조성한 양액이 팽창탱크를 통하여 주급액관의 직경1/2 높이까지 양액이 들어가게 볼탭을 조절한 후 각 시험구간별로 급액노즐을 통하여 양액이 들어가도록 하였다. 시험에 사용된 양액은 園試液으로 조성하였다.

1화방의 1번화가 개화한 6일부터 토마톤을 처리 하였으며 화방당 과직경이 2 cm정도 되었을 때 화방당 4과만을 남기고 적과하였으며 3화방 적과후 상위 2엽을 남기고 마감적심을 하였다.

#### 5)양액관리

양액의 pH는 6.0~6.5 범위로 조절하고 EC농도는 定植期에서 제1화방 착과기까지 1.2mS/cm로 1화방 착과후 부터는 0.2mS/cm씩 높여 3화방이 착과된후부터 수확기까지는 1.6mS/cm으로 하여 급액하였고 시험에 사용된 원시액 처방은 표1과 같았다.

Table 1. Mineral Composition of nutrient solution used of the experiment.

Macroelement(me/l)					Microelement(ppm)					
N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
15	3.0	6.0	8.0	4.0	3.0	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01

#### 6) 생육상황 조사

생육조사는 초장, 엽수, 꽃수, 착과절위 등을 조사하였고 수량은 시험구별 화방당 완숙된 과실만을 수확하여 과일의 무게와 크기인 횡경과 종경 그리고 10a당 수량을 조사하였으며 디지털Brix당도계를 이용 과실의 糖度를 측정하였다.

## 7)재배후 培地의 화학적 성분변화

양액을 폐쇄식으로 급액 하므로써 염류가 배지에 집적될 경우 재배작물에 대한 피해여부를 알아보기 위해서 각 시험구별로 재배후의 배지를 채취 배지 내에 잔류한 각종 염류를 조사하였다. 하루에 급액되는 정도를 알아보기 위하여 ball tap을 통하여 유입되는 양액의 양을 시간당 1분씩 측정하여 조사하였다.





## IV. 結果 및 考察

### 1. 급액시스템

#### 1) 인공섬유별 養液 流入量

섬유 종류 및 크기별로 1시간당 섬유를 통하여 유출된 양액의 양을 조사한 결과는 표2와 같다.

Table 2. Amount of nutrient solution flowed by several artificial fiber and yarn (mL/h)

Fibers	Viscose + rayon			Polyester			Rayon			Yarn(cotton)		
	S <sup>2)</sup>	M	L	S	M	L	S	M	L	S	M	L
Amount of nutrient solution supply	12.6	21.2	22.4	4.3	20.1	57.5	2.9	23.7	32.2	0.2	3.0	2.7

z) See method and material

배지로 유입된 양액의 양은 Viscose+rayon > Polyester > Rayon > Yarn(cotton) 순으로 유입되었다.

viscose+rayon의 경우 섬유의 규격별로 12.6mL, 21.2mL, 22.4mL으로 유입되어 섬유의 크기에 큰차이가 없이 고른 流入量을 보였으나 polyester, rayon, yarn(cotton)등의 섬유에서는 규격별로 유입량에 큰 차이를 보였다. polyester에서는 4.3mL, 20.1mL, 57.5mL, rayon은 2.9mL, 23.7mL, 32.2mL, yarn (cotton)은 0.2mL, 3.0mL, 2.7mL로 유입됨을 보였다.

대부분의 섬유는 급액유도관 내에 충전한 섬유가 많은(규격이 큰) 순서대로 (L) > (M) > (S) 양액이 많이 흘러 나왔으나 Yarn(cotton)에서는 규격에 관계없이

양액 유출량이 극히 적어 양액재배의 급액천으로는 실용성이 적을것으로 판단 되었다. 급액천으로서 가장 중요하게 고려해야 할 사항은 먼저 양액을 흡수하는 흡수능력이 빠르고 커야 하며 각종 비료염에 대한 내염성이 강해야 급액천으로서 적당하다고 생각되었다.

2) 송이 규격에 따른 양액 유입량

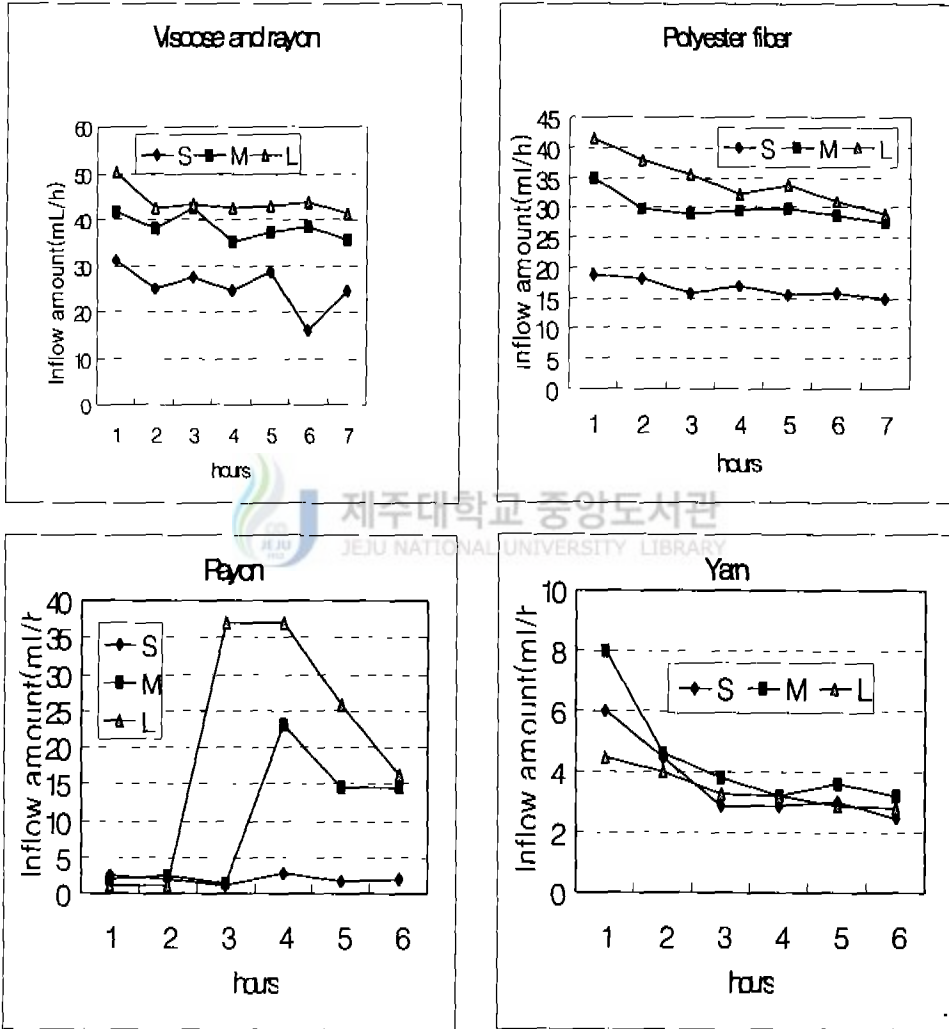


Fig. 1. Inflow amount of nutrient solution by fiber's size into the Scoria media( $\phi$ 1~5mm).

Scoria의 1~5mm크기로 선별한 Scoria 배지로 양액이 유입정도를 그림1에서 보면 viscose+rayon의 유입량은 S구에서16~31mL/h, M구에서35~42.3mL/h, L구는41.2~ 50.1mL/h의 순으로 나타났다.

급액을 개시하여 4시간 경과하였을때는 배지가 완전히 흡수하여 포화상태에 이르렀으며 rayon에서는 양액의 유입량이 매우 적었고(1~37.1mL/h) 유입되는 정도가 불규칙하였다. yarn에 있어서도 양액의 유입량이 급액천의 충전량에 차이없이 시간당 3.2~8.0ml로 매우적게 유입되었다. polyester fiber에서는 급액천 규격별로 비교적 양액의 유입량은 일정량을 유지 하였다.

송이배지 6-12mm크기 구에서의 급액천 충전량에 따른 양액의 유입정도를 그림2에 나타냈는데 viscose+rayon구의 S구에서 35.3~48.5mL/h, M에서56.1~70.8mL/h, L구는121.6~211.6mL/h의 순으로 유입되었다.

급액이 시작되어 1시간 경과후 L급액천구에서 배지가 완전히 흡수되었으며 M규격에서는 2시간, S규격에서는 3시간 경과후 배지가 완전히 흡수되어 1~5mm 송이배지보다 유입속도가 빠르고 유입량이 많음을 볼수 있었다.

polyester구에서는 급액개시 1~3시간 경과후에 배지가 완전히 흡수되었으며 급액천의 크기별로 비교적 일정하게 양액이 유입되는 것을 알수 있었다. rayon구에서의 유입량은 S(1.6~6.3mL/h) <M(2.6~11.3mL/h) <L(2.1~24.4mL/h) 였으나 배지내로 유입량이 적고 불규칙 하였다. yarn 역시 rayon 같이 유입량이 4.8~6.6mL/h 정도 되었다.

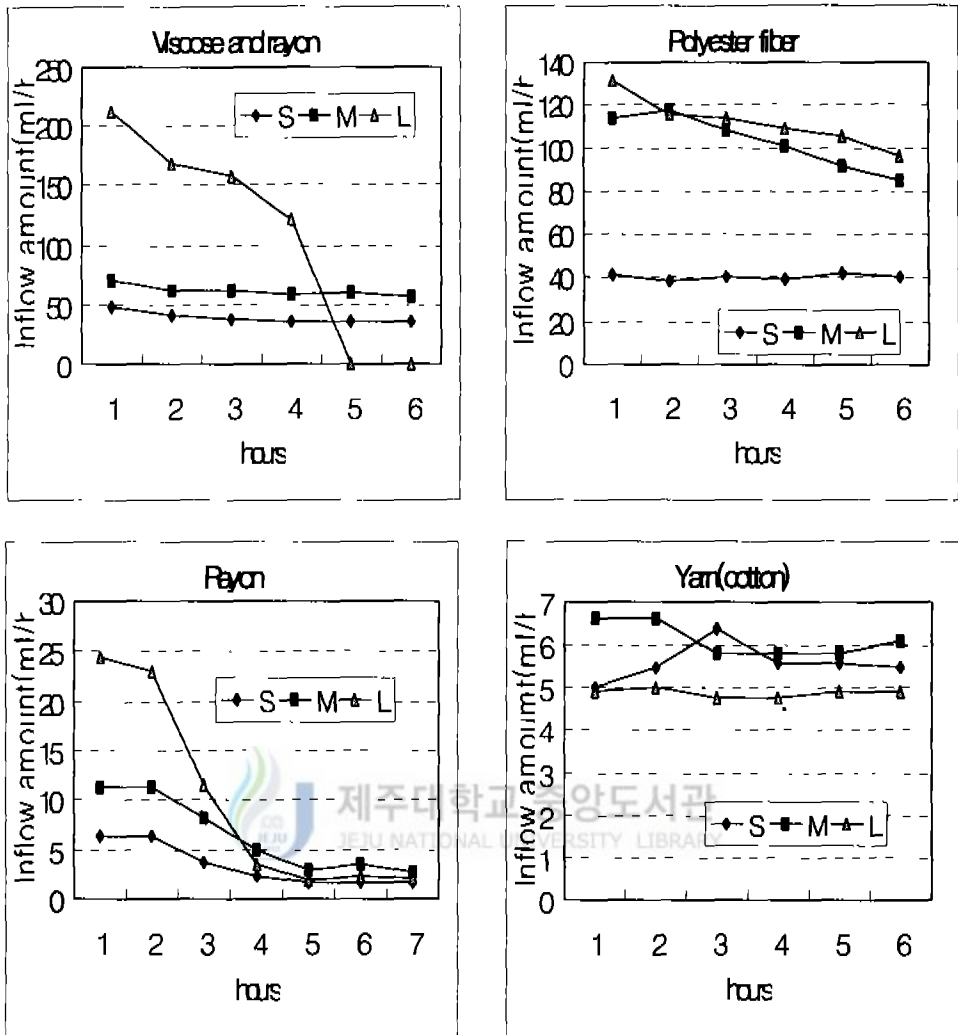


Fig. 2. Inflow amount of nutrient solution by fiber's size into the *Scoria media* ( $\phi 6 \sim 12\text{mm}$ ).

즉 배지의 입자가 굵을수록 급액 시작단계에서 1~2시간 사이에 유입량이 급격히 많았으나 시간이 경과할수록 일정한 유입량을 보였으며 유입량은 다른

배지에 비하여 많았고 급액천이 많이 충전된 구에서 유입량은 많았으나 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향이였다.

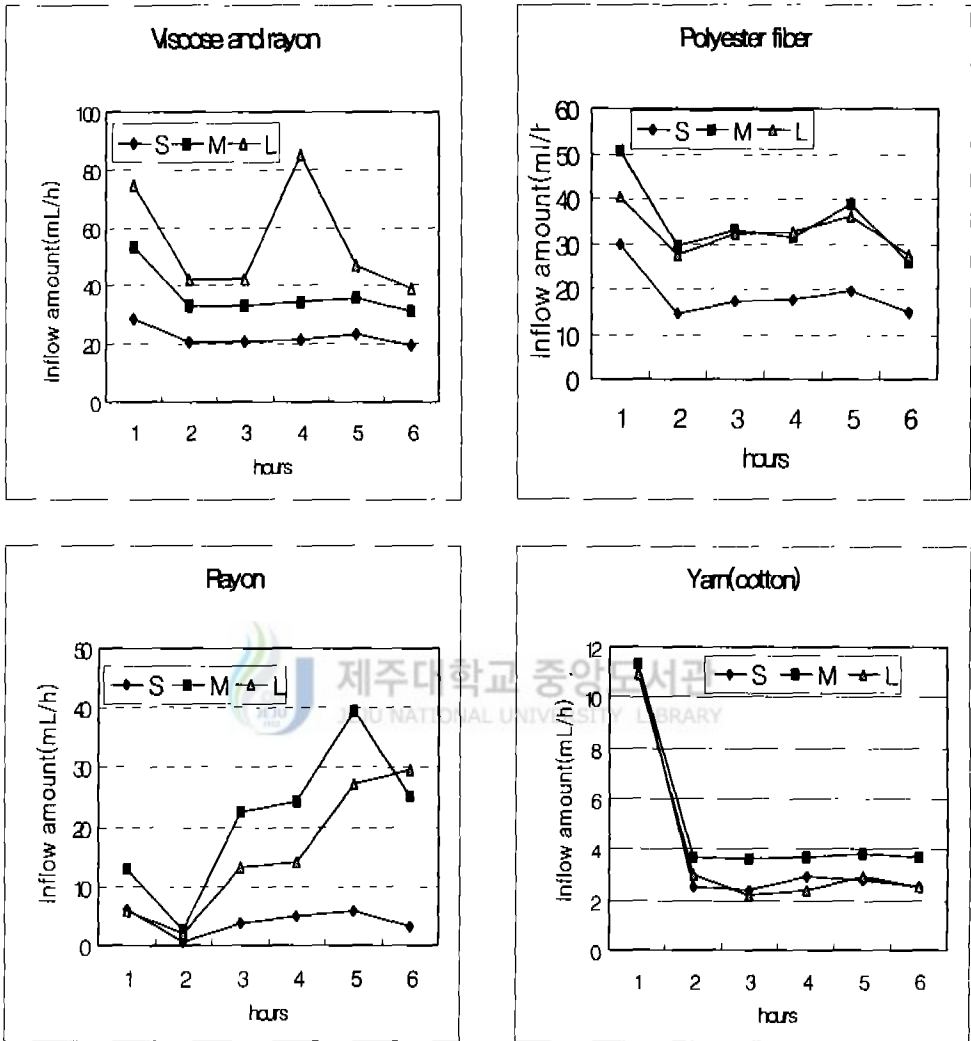


Fig.3 Inflow amount of nutrient solution by fiber's size into the Scoria media ( $\phi 1 \sim 12\text{mm}$ ).

무선별(1~12mm) 송이 배지에서의 양액의 유입량을 조사한 결과는 그림3에 나타냈는데 viscose+rayon에서는 S구에서 19.4~28.5mL/h, <M구에서31.4~53.0mL/h, <L구는39.2~84.9mL/h이 유입되었으며, polyester구에서는 S구가 14.5~29.9mL/h, M구가25.9~50.5mL/h, L구에서는27.4~40.5mL/h이 유입되었다. rayon에서는 S구에서0.5~6.2mL/h, M구에서2.7~39.5mL/h, L에서는2.0~29.4mL/h순으로 유입되었다. yarn에서는 총진량에 차이 없이 유입량이 4mL정도로 적은 양 이었다. 이는 배지를 무선별 함으로서 배지의 공극차이에 의해서 유입량이 차이가 나는 것으로 생각되었다.

perlite배지에 유입된 양액의 양은 그림4에 나타냈는데 viscose+rayon구에서 S구21.8mL/h <M구33.5mL/h <L구43.4mL/h가 유입되었으며, polyester구에서는 S19.0mL/h < M30.4mL/h < L30.7mL/h가 유입되었다. 합섬rayon에서는 시간당 평균 2.7~18.7mL가 유입되었고 yarn에서는 3.6~5.6mL가 유입되었다.

배지내로 유입되는 양액의 유입속도는 급액천의 종류에 관계없이 일정함을 알 수 있었으며 이는 펄라이트 배지의 규격이 송이배지처럼 입자가 불규칙하지 않고 제조공정에서 일정한 규격으로 조제하여 규격화 하였기 때문에 배지내 공극이 일정하여 유입되는 양이 일정한 것이라 생각되었다.

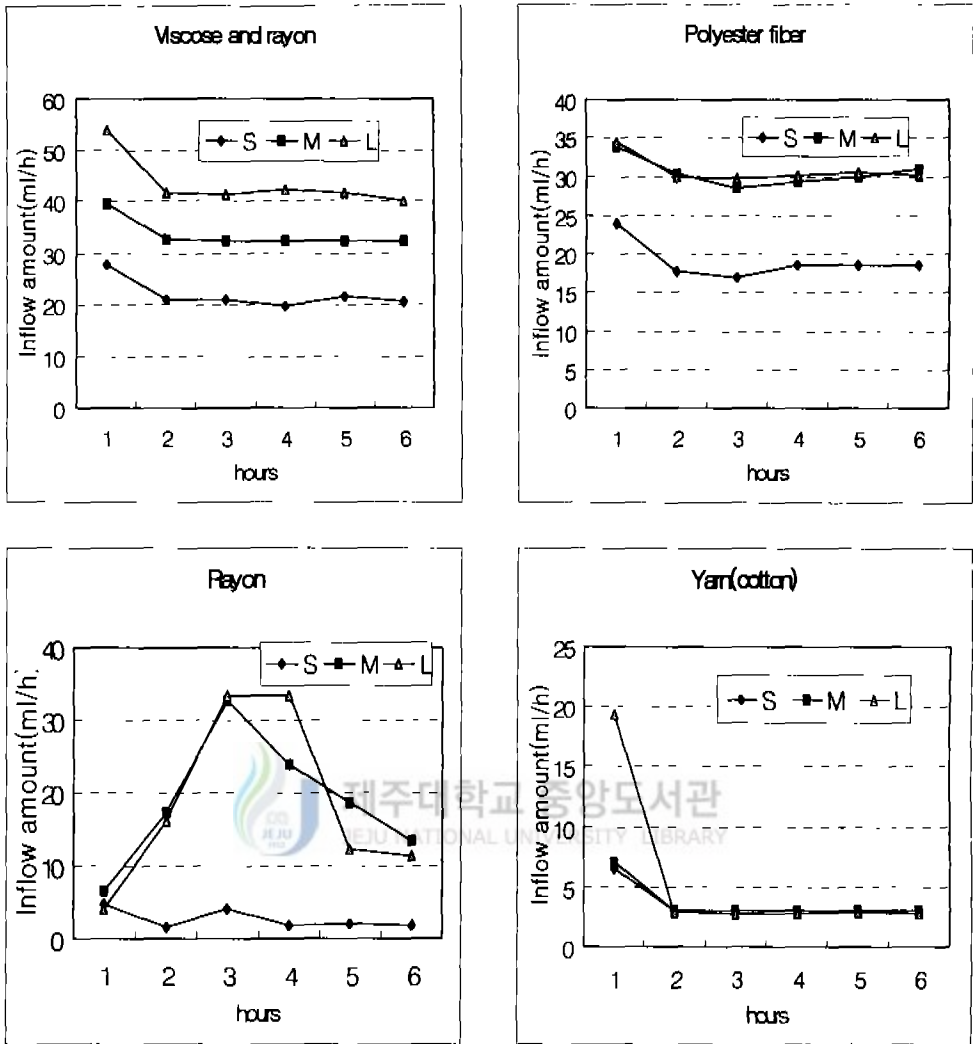


Fig 4. Inflow amount of nutrient solution by fiber's size into the perlite media( $\varnothing 6\sim 12\text{mm}$ ).

### 3) 양액의 주급액관 높이와 베드 높이에 따른 양액의 유입량 차이

양액(주급액관의 높이)과 베드(고형배지)높이에 따른 양액의 유입량 차이를 조사한 결과는 그림5와 같았다. 배지내로 유입된 양액의 양은 주급액관

과 재배베드의 표면까지 낙차가 영향을 미치는것으로 나타났다. viscose+rayon구에서는 베드상면과 급액관이 수평으로 배치 하였을 때 13.2mL/h가 유입되었으며 5cm와 10cm의 높이에서는 25.4mL/h, 28.7mL/h가 유입되었다. polyester구에서도 수평배치시 10mL/h, 5cm 낙차에서 28mL/h ,10cm 낙차시 29.9mL/h가 유입되었다. 즉 viscose+rayon구와 비슷한 유입양상을 보였다. 그러나 rayon구에서는 1.2~4.2mL/h, yarn에서는 1.6~5.2mL/h가 유입되어 rayon구와 yarn구에서는 낙차가 양액의 유출에 영향을 미치지 않았음을 볼 수 있었다.

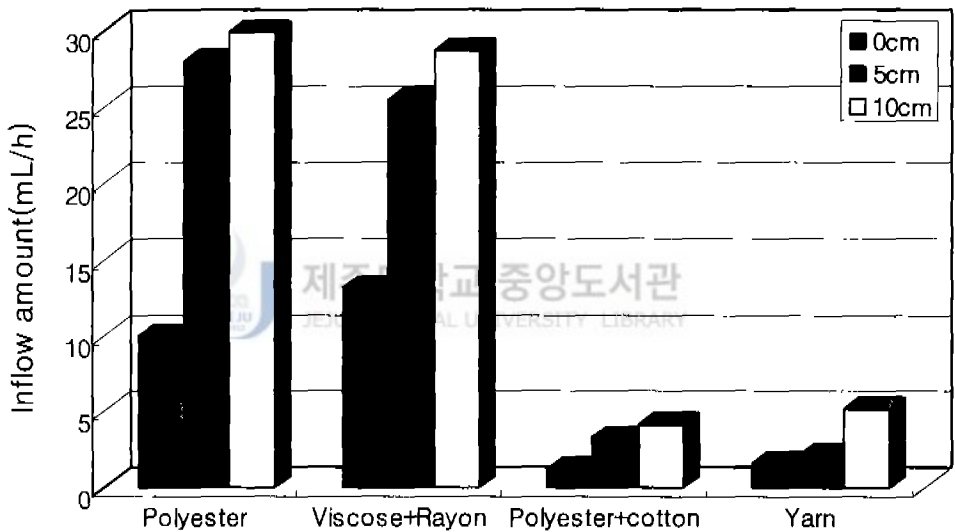


Fig.5. Inflow amount of nutrient solution with varied level from nutrient solution to medium surface.

또한 양액재배 할때 작물에 적용양액을 EC1.2mS/cm와 pH6.5로 조정하여 급액하고 조성된 양액이 주급액관을 거쳐 급액노즐(급액천)을 통과 할 때



양액의 주요성분들이 변화가 있을 것으로 생각하였으나 주급액관에서 각각의 급액노출속의 급액천을 통과한 양액의 EC와 pH등을 조사한 결과 통과전과 통과후의 양액에는 전혀 변화가 없어 재배에 문제가 없을것으로 사료 되었다.



## 2. 토마토 시험재배 결과

섬유제품별, 크기별(급액노즐에 채워진 양)로 토마토의 주요 생육특성을 조사한 결과는 표3과 같았다. 이 결과에 따르면 초장과 엽수는 급액천별로 뚜렷한 차이가 있음을 보여주었다.

Table 3 Capillarity trinkle supply of nutrient solution on the tomato growth characters.

Fibers	Characters	Plant's height (cm)	Number of leaves	Number of flowers per trusses			Fruiting node number and order		
				1st truss	2nd truss	3rd truss	1st truss	2nd truss	3rd truss
Viscose + rayon	1cm	101.1a	16.2b	6.4	5.3	5.1	7.3	12.2	17.0
	2cm	98.7ab	17.8a	5.1	5.5	5.5	6.6	11.4	17.8
Polyester	1cm	102.3a	17.2a	5.0	4.9	5.0	6.5	11.4	16.1
	2cm	103.1a	17.7a	5.1	5.1	5.0	7.3	12.0	16.7
Polyester + cotton	1cm	75.8c	12.6d	3.2	2.4	3.0	7.4	11.5	15.5
	2cm	55.6d	14.2c	3.0	2.2	2.5	7.1	11.8	16.5
Absorbent cotton	1cm	78.4c	14.8c	5.7	4.7	-	7.7	12.6	15.3
	2cm	70.3c	14.2c	4.2	3.7	-	7.3	11.5	15.8

※ Data were the average value of 10 plants

※DMRT between artificial fibers at 5% levels

polyester구에서는 초장이 102.3~103.1cm 이었고 viscose+rayon구에서는 98.7~101.1cm였으며 엽수는 polyester구에서 17.0매, viscose+rayon구에서 17.5매로 두 급액천간에는 큰차이가 없었으나 polyester+cotton구와 탈지면구에서는 65.7cm, 74.3cm 엽수는 13.4매, 14.4매로 viscose+rayon구와 polyester구와는 현저한 차이가 있었다.

주급액관에서 배지내로 유입된 양액의 양은 급액천의 재질과 규격에 따라 양액의 유입량의 차이가 있어 생육에 영향을 미친 것으로 생각되며 이는 金, 朴(1985)등이 급액시간에 따른 생육 및 수량에서 초장, 줄기직경, 잎폭과 길이 등이 급액량이 많은 시험구에서 컸다는 보고와 유사하였으나 金(1985)등이 양액공급 횟수에 따른 방울토마토 생육 및 수량조사에서 급액회수 증가에 따라서 초장이 비례하지 않는다는 보고와는 상반된 결과를 보였다.

화방당 꽃의수도 급액천별로 차이가 있었다. viscose+rayon 1cm구에서는 5.0, 2cm구에서는 5.1였으며 polyester의 1cm크기의 구에서는 5.6개 2cm 구에서는 5.4개 개였다. polyester+cotton의 1cm크기의 구에서는 2.9개 2cm구에서는 2.6개로 2cm구에서 0.3개가 적었으며 탈지면 1cm구에서는 1~2화방당 평균 5.2개였고 2cm구에서는 1~2화방 평균 4.0개였다. 화방당 꽃수가 1cm구가 2cm구에 비하여 많은것은 2cm구에 비하여 1cm구에 유입되는 양액의 양이 적었으며 토마토가 생육하는데 필요한 양액이 충분히 공급되지 못하여 생육상이 2cm구에 비하여 영양생장에서 생식생장으로 치우쳐서 꽃수가 많은 것으로 사료되었다.

또한 polyester+cotton구에서 꽃수가 현저히 적은 것은 급액천의 유출량이 극히 적어 배지가 건조하여 생육이 순조롭지 못하여 꽃수가 적은 것으로 생각되었다. 제1화방 착화위치는 viscose+rayon구와 polyeste구는 6.9마디, polyester+cotton구는 7.2마디 탈지면구에서 7.5마디에 착생하였으며, 제2화방은 viscose+rayon구에서 11.8마디, polyester구는 11.7마디, polyester+cotton구는 11.6마디, 탈지면구에서는 12.0마디에 착생하였다. 제3화방에서는 viscose+rayon구가 17.4마디 polyester구는16.4마디, polyester+cotton구는 16.0마디, 탈지면구에서는

15.5마디에 착생되었다.

토마토의 제1화방과 제2화방의 착과마디는 육묘시 주야간 기온의 영향을 받으며 육묘시 일평균기온이 높아질수록 착과마디가 높아진다고 (정등1999)하였으나 본 시험에서의 제1화방의 착생마디는 평균 7.1 로서 齋藤(1986)등이 통상 8節葉과 9節葉사이에 착생한다는 보고와 安등(1986)이 고온기에는 9마디이상, 저온기에는 7-8마디에 제1화방이 착생한다는 보고와 비슷하였다. 화방당 착생마디는 급액량이 많은 viscose+rayon, polyester구에서 급액량이 적은 polycster+cotton구와 탈지면구에서는 화방의 착생마디가 높았음을 볼수있었다.

그림6은 토마토의 크기를 나타낸 것인데 과폭과 과고는 1cm크기의 급액천구에서 2cm크기의 급액천구보다 컸다. 이는 급액량 차이에 있는 것으로 사료되었다. 대부분의 시험구에서 과폭은 상위화방으로 갈수록 적었으며 과고는 상위화방으로 갈수록 대부분 증가하였다. 李(1994)는 방울토마토 화방별 과폭과 과고의 과일특성 조사에서 제1화방에서는 과폭이 크고 상위화방으로 갈수록 과고가 커져 구형에 가까워지나 측지에서는 반대현상이 나타난다고 한 보고와 같은 경향을 보였는데 그 정도는 매우 적은 것으로 나타났으며 특히 토마토의 형태는 재배환경의 영향보다는 유전적 형질에 의하여 정하여 지는 것으로 사료되었다.

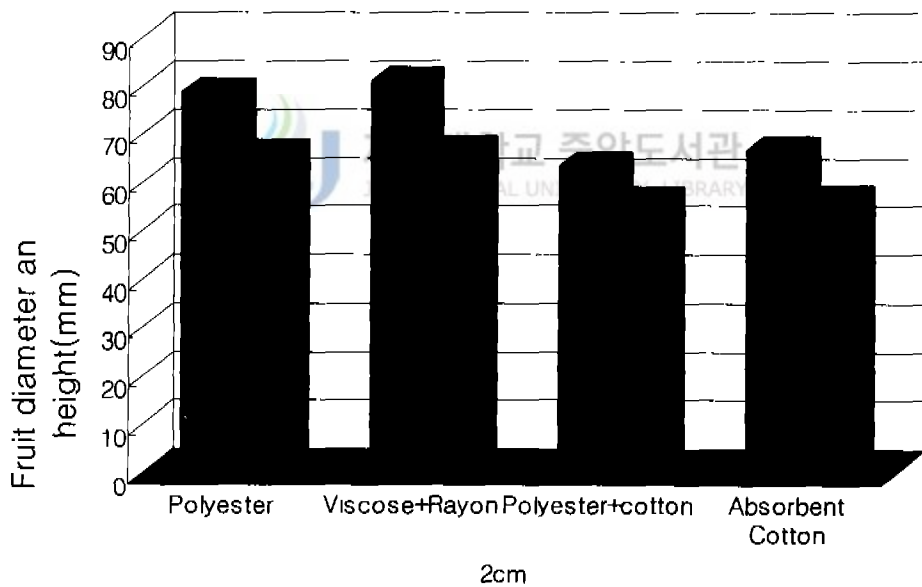
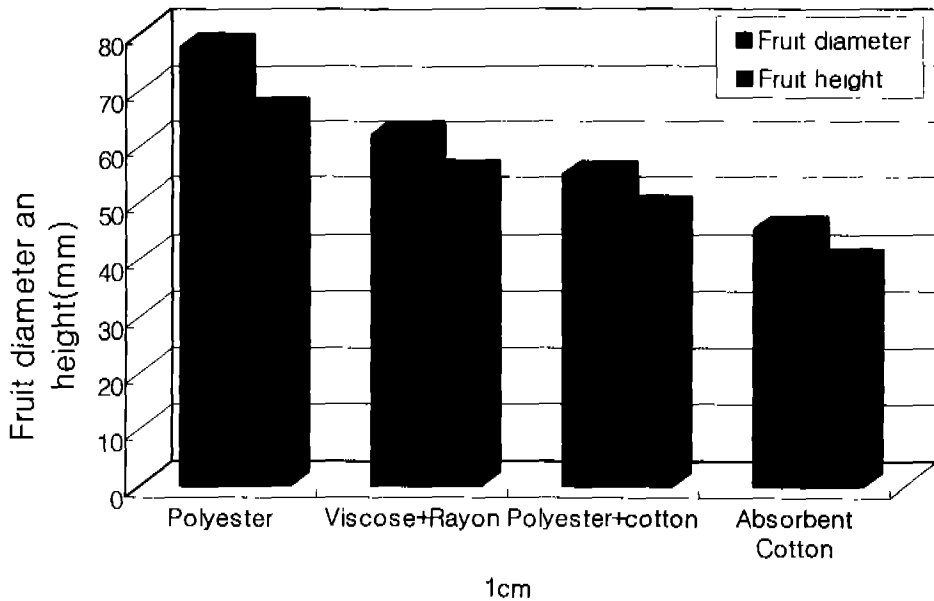


Fig 6. Comparison with tomato fruit diameter and height by varied fiber's width and type

급액천별 토마토의 무게는 그림7에 나타냈는데 viscose+rayon < polyester < polyester+cotton < 탈지면의 순으로 무거웠다. 급액천별 과일무게에서 1cm 크기의 급액천구에서는 polyester, viscose+rayon, polyester+cotton, 탈지면구 순이었고 2cm 크기의 급액천구에서는 viscose+rayon구가 241g, polyester구는 236.2g, 탈지면구는 142.1g, viscose+rayon구에서 131.6g 순이었다. 그러나 탈지면구에서는 과일이 완전히 비대 성숙하지 못하였다.

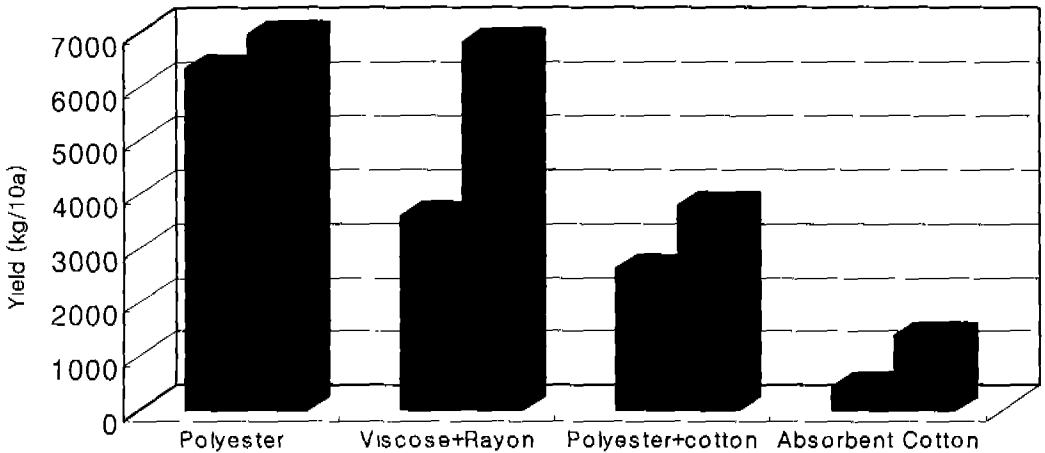
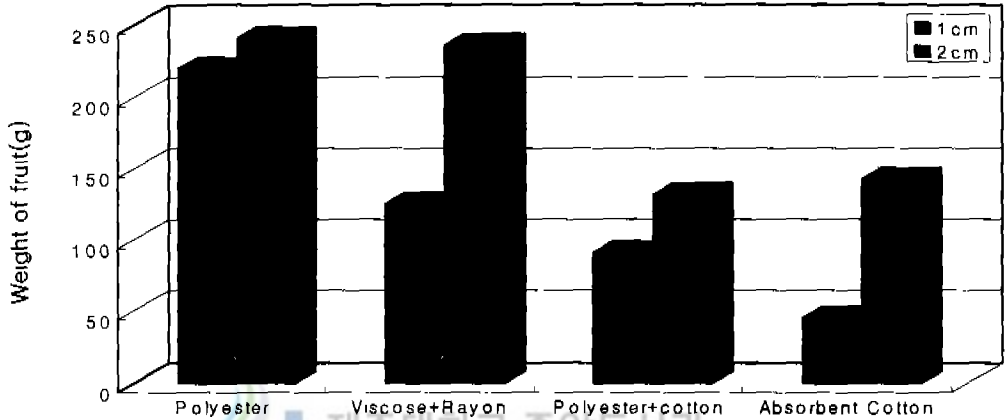


Fig 7. Comparison of fruit weight and fruit shape by varied fiber's width and type

수확한 토마토의 당도를 조사한 결과는 그림8과 같았는데 급액천 및 규격 별로 당도 차이가 많은 것으로 나타났다. viscose+rayon구에서는 8 °BX, 6.9 °BX였으며 polyester구에서는 6.3 °BX, 6.0 °BX, polyester+cotton구에서는 9.2 °BX, 6.7 °BX 탈지면구에서는 6.8 °BX, 6.9 °BX였다. 각 급액천의 규격에서는 모든 급액천에서 규격이 작은(1cm)급액천구에서 당도가 높았으며 각화 방별 토마토의 당도는 상위화방으로 갈수록 당도는 높아지는 것으로 나타났다. 이는 토마토의 생육에 급액량과 상위화방으로 갈수록 화방등이 수광환경이 하위화방보다 좋아진 영향으로 당도의 차이가 난 것으로 생각되며 荒木(1993)이 근역제한이나 절수를 강하게 하면 과실당도를 향상시킬수 있다고 보고한것과 吳(1994),조동(1996)이 방울토마토 재배시 상위화방으로 갈수록 당도는 높아졌으며 이는 일조량과 온도 등 재배환경에 영향을 받는다는 보고와 일치함을 알수 있었다. 탈지면구과 polyester+cotton구에서는viscose+rayon, polyester구보다 당도는 높았으나 수량성이 떨어져 급액천으로서 이용성을 검토하여야 할것으로 사료된다.

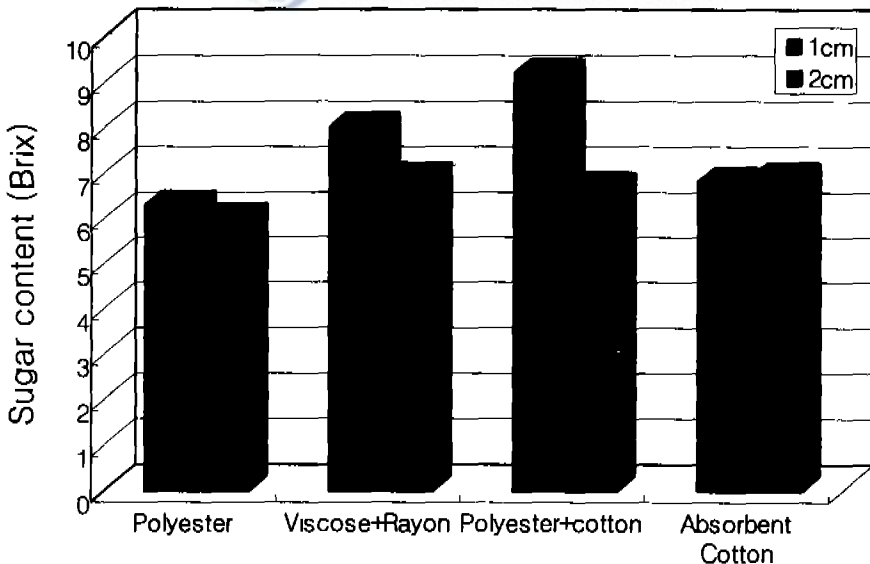


Fig 8. Comparison of sugar content by varied fiber's width and type

## V. 摘 要

양액재배에서 에너지원 없이 무동력으로 양액공급을 하기 위하여 섬유 직조물이 갖고 있는 모세관 현상을 이용한 급액시스템을 만들고 급액시스템의 실용화를 위하여 토마토를 재배한 생육과 수량의 몇가지 특성을 조사한 시험 결과는 다음과 같다.

1. 대부분의 급액천은 급액유도관에 충전한 섬유가 많은 순서로 양액이 유출되었으며 탈지면구에서는 규격에 관계없이 양액유입량이 극히 적었다.
2. 배지의 규격별 양액의 유입량은 배지의 입자가 클수록 급액초기에 급격히 유입 되었으며 급액천의 규격간에 유출량은 비례하지 않았다.
3. 급액관과 베드상의 높이에 따른 유출량은 급액관과 베드상과의 낙차가 클수록 유출이 증가하였고 rayon구와 탈지면구에서는 낙차가 유출에 영향을 미치지 않았다
4. 급액되어 배지에 유입된 양액의 EC 및 pH에 전혀 변화가 없어 재배 적용에 문제가 없었다
5. 토마토의 초장과 엽수는 급액량이 많은 구에서 컷으며 화방당 꽃수는 급액천 규격이 적은 구에서 많았다
6. 제1화방의 착생절위는 평균 7.1마디에 착생하였으며 급액량이 많은 시험구에서 화방의 착생절위가 낮았다



7. 대부분의 시험구에서 과형지수는 상위화방으로 갈수록 적어졌으며, 구형에 가까운 외양을 나타냈다.

8. 토마토의 무게는 섬유이 폭이 1cm구보다 2cm구에서 무거웠으며 1cm구에서는 polyester, viscose+rayon, polyester+cotton구 순서 이었고 2cm구에서는 polyester, viscose+rayon, 탈지면구 순이었다

9. 당도는 2cm의 섬유구에서 6.6 °BX이고 1cm크기의 급액천구는 7.5 °BX로 0.9 °BX 높았으며 화방의 당도는 상위화방으로 갈수록 높았다

섬유가 갖고 있는 모세관 현상을 이용한 양액재배결과 무동력으로 양액 재배가 가능하고 작물의 재배결과 기존 시스템과 큰 차이가 없어 금후 양액재배에 이용 가능성이 클 것으로 사료된다.



## VI. Appendix



Photo.1, Nutrient solution supply system used capillary phenomenon.

- A: Ball tap for control to the supply of nutrient solution.
- B: Main supply tube(  $\varnothing$  60mm).
- C: Black color nozzles filled with fibers, one side in main tube, the other side in solid medium.
- D: The appearance of black color nozzles filled with various fibers before setting.

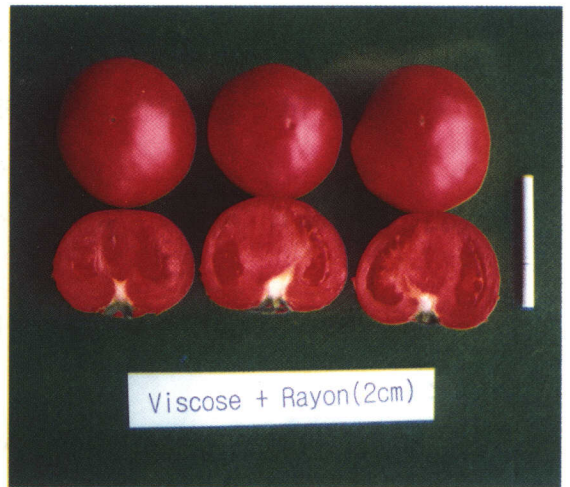
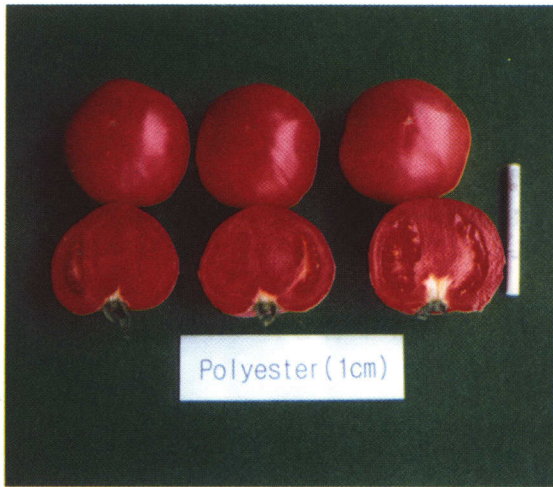


Photo.2, Tomato cv.Momotaro appearance produced on nutrient solution supply by capillary phenomenon of various fibers.

## VII. 引用文獻

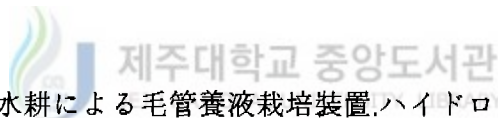
安鶴洙,金鏞喆,李庚熙. 1986 水耕栽培技術概說 . 一朝閣. p 67-209

皿井重典.1999. 新しいチコークのお話.ハイドロポニックス\* 日本.11(2) p69-70

張田益. 1998. 시설원예의 기초지식. 제주대학교출판부. p263-265

지성한. 1993. 배양액조성과 관리요령. 호남시설원예연구소 연구세미나자료,p95-118

池田英男. 1994. 養液栽培における省力化の考える ハイドロポニックス\* 日本.(7): 38-40.



岩尾和哉.1996.毛管水耕による毛管養液栽培装置.ハイドロポニックス\* 日本.8(1) 19-20

伊東 正. 1990. 毛管水耕の種類とその特性. ハイドロポニックス\* 日本.3(2)68-70

이상순. 1994. 액경과 송이경배지에서 몇가지 방울토마토의 생육특성과 과실 생산. 제주대학교 석사학위논문

이한철외5. 1994.여름철양액재배시 지하수관류가 엽채류의 근권환경 및 생육에 미치는 영향. 농업과학논문집(원예).36(2):400-404

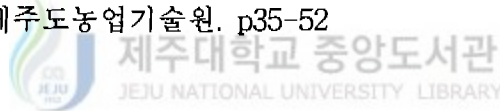
조연동,강성근,김용덕,신길호,김기택. 1996. 양액재배방식이 방울토마토의 생육과 수량에 미치는 영향. 농업과학논문집(원예)38(1):563-567

정병룡,김오임. 1999. 육묘시 주야간 기온이 서광토마토의 생육 및 초기착과에 미치는 영향 . 생물환경조절학회지7(4)75-82

정범윤. 1996. 당신도 이제는 토마토 박사.한국원예정보센터. p6-7

鄭淳柱,姜宗求,李正鎬,徐範錫. 1994. 養液栽培理論과 實用技術. 호남시설원예연구소. p1-40

김광호외11. 1998. Development of automatic nutrient system for "scoria" medium 제주도농업기술원. p35-52



김광용, 박상근. 1992. 水耕栽培. 오성출판사. p242-244

김광용,정주호,김영철,이지원. 1997. 양액재배기술. 농촌진흥청 p36-59

金駿錫. 1982. 施設園藝. 二友出版社. p208-220

中林和重. 1995. 培地と培養液 工夫で 設備の 簡略化を めざお. ハイドロポニックス\* 日本.(9): 8-9.

中島武彦. 1998. 養液栽培装置の 低コスト化. ハイドロポニックス 日本. 11(2): 56-57.

西 貞大 . 1988. 養液栽培의 新技術. 養賢堂 p 1-13

大石直記.1998. 給液の 自動化について ハイドロポニックス\* 日本,  
11(2)69-70.

吳大民. 1994. 방울토마토 양액재배에서 송이배지 이용성에 관한연구. 제주대  
학교석사학위논문.

유근창,정천수,전인수.1997. 토마토양액재배시 급액제어가 생리적특성, 고당도  
및 고품질생산에 미치는 영향 . 대산논총(5):58-63



## 감 사 의 글

본 논문이 완성되기까지 처음부터 끝까지 열과 성을 다하여  
아낌없는 지도와 격려를 하여주신 장전익 교수님에게 진심으로  
감사드리며 논문심사에서 지도조언과 격려를 해주신 소인섭교수님  
강훈교수님과 대학원 수학기간동안 가르침을 주시고 이끌어 주신  
한해룡교수님, 백자훈교수님, 박용봉교수님께 깊은 감사를 드립니다

본 연구와 대학원 수학과정에 적극적으로 지도해주시고 여건을  
마련해 주신 제주도농업기술원 한동휴원장님, 양대성소장님, 그리  
고 강원희소장님께 감사를 드립니다

그리고 재학기간동안 격려를 보내주시고 모든일을 도와준 제주시  
농업기술센터 직원동료 여러분에게도 감사드립니다

항상 마음의 의지가 되어주신 어머님과 특별한 관심을 보여준  
동생 대현과 제수씨에게 감사하며 현주,삼도,홍과 면학할 수 있도  
록 정성과 기도로 내조해준 사랑하는 아내 이용숙과 성욱,현정,  
현진에게 이 작은 결실의 기쁨을 전하고자 합니다

본 논문이 많은 농업인들에게 조그마한 보탬이 되길바라며 이  
모든 영광을 하나님께 드립니다.